

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**  
①⑪ **DE 3030549 A1**

⑤① Int. Cl. 3:  
**F16B 5/02**  
G 03 B 3/00  
G 03 B 37/00  
G 05 D 3/00

②① Aktenzeichen: P 30 30 549.8-12  
②② Anmeldetag: 13. 8. 80  
④③ Offenlegungstag: 25. 2. 82

**Veröffentlichung**

⑦① Anmelder:  
Fa. Carl Zeiss, 7920 Heidenheim, DE

⑦② Erfinder:  
Prinz, Reinhard, Ing.(grad.), 7080 Aalen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Gewindenspielregelung

DE 3030549 A1

DE 3030549 A1

1. Vorrichtung zur hochgenauen Verstellung zweier spielfrei im Gewindeeingriff befindlicher Teile, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Ring (3) vorgesehen ist, der die Teile (1,2) in Ruhestellung durch rein radial gerichtete Kräfte klemmt sowie eine Anordnung (4,10-13) zum Ändern des Ringdurchmessers, die mit dem Verstellantrieb (5,17) für das Gewinde (1,2) wirkungsmäßig so verbunden ist, daß die Verstellung nach Änderung des Ringdurchmessers bei entklemmtem Gewinde (1,2) erfolgt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring (3) integraler Bestandteil des Gewindes (1,2) ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein geschlitztes Muttergewinde (2), um das der Ring (3) als Spannring gelegt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring (3) aus magnetostruktivem Material besteht und die Anordnung zum Ändern des Ringdurchmessers ein Magnetfeld veränderlicher Stärke am Ort des Ringes (3) erzeugt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung zum Ändern des Ringdurchmessers eine im thermischen Kontakt mit dem Ring (3) stehende Heizung (4) einschließt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb als Elektromotor (5) ausgebildet ist und der Anordnung (4,10-13) ein dem Strombedarf des Motors (5) proportionales Regelsignal ( $U_M$ ) zugeführt wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5-6, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen dem Ring (3) und dem Gewinde (1,2) eine inkompressible Zwischenschicht (9) aus Material mit im Vergleich zum Gewinde (1,2) veränderter Wärmeleitfähigkeit befindet.
8. Vorrichtung nach Anspruch 5-7, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewinde und der Ring (3) aus dem gleichen Material bestehen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1-8, gekennzeichnet durch seine Verwendung zur Positionierung optischer Elemente mit großem Durchmesser.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch seine Verwendung zur Fokuskorrektur von Luftbildkameras, indem Sensoren zur Messung der die Fokuslage bestimmenden Parameter wie Luftdruck und Temperatur vorgesehen sind sowie eine Anordnung (14,15), die die Ausgangssignale der Sensoren in ein der Sollposition der Fassung (1) eines verstellbaren Linsengliedes entsprechendes Signal (a) umformt und mit dem Signal (b) eines mit dem Linsenglied verbundenen Stellungsgebers (16) vergleicht zur Erzeugung eines Regelsignals (c), mit dem ein Nachführmotor (5) beaufschlagt wird und das zur Gewindeentklemmung dient.

. 3.

3030549 3

FIRMA CARL ZEISS, 7920 HEIDENHEIM (BRENZ)

Gewindespielregelung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur hochgenauen Verstellung zweier spielfrei im Gewindeeingriff befindlicher Teile wie z.B. die Fassungen von optischen Elementen, die zum Zwecke der Fokussierung verschoben werden.

Derartige Gewinde werden im allgemeinen durch gegenseitiges axiales Ver-spannen z.B. mittels Federn spielfrei gemacht; eine in den meisten Fällen ausreichende Maßnahme, besonders wenn es sich um Gewinde mit geringem Durchmesser handelt und keine extremen Anforderungen an die Positionier- und Zentriergenauigkeit gestellt werden.

Mit steigendem Gewindedurchmesser und steigenden Anforderungen an die Zentriergenauigkeit nimmt jedoch die Reibung im Gewinde dermaßen zu, daß eine Verstellung nur noch mit unvertretbar hohem Kraftaufwand möglich ist. Bei angefederten Gewindeteilen besteht außerdem immer die Gefahr, daß unter starker Vibrationsbeanspruchung zeitweilig Kräfte auftreten, die die Anpresskraft der Feder unzulässig reduzieren oder sogar ganz aufheben. Die Position der am Gewinde befestigten Teile wird dann nicht mehr mit der geforderten Präzision eingehalten, was bei optischen Teilen eine Defokussierung des Systems bedeutet.

Als weitere Möglichkeit zur Gewindenspielverringerung nach dem Stand der Technik bietet sich das individuelle Einschleifen der Gewindeteile mit Poliermitteln an. Abgesehen von dem recht großen fertigungstechnischen Aufwand dieser Methode müssen hier die einzuschleifenden Teile aus verschiedenen Materialien bestehen, um ein "Fressen" im späteren Betrieb zu verhindern. Durch die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wird jedoch der Temperaturbereich, in dem solche Gewinde spielfrei sind, besonders bei großen Durchmessern sehr stark eingeschränkt.

Es sind Gewinde bekannt, die durch zwischen den drehenden Teilen unter Spannung eingesetzte Kugeln spielfrei gemacht sind. Diese Kugelumlaufspindeln vergrößern jedoch die Abmessung des Gewindes nicht unerheblich. Außerdem ist ihre Steigung wegen eines bestimmten Minstdurchmessers der Kugeln, der sich aus der unter Belastung auftretenden Flächenpressung ergibt, nicht beliebig auf das z.B. für Feingewinde geforderte Maß reduzierbar, so daß ihren Anwendungen Grenzen gesetzt sind.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Verstellung eines Gewindes unter höchsten Anforderungen an die Einstellgenauigkeit und Zentrierung der drehenden Teile sicherzustellen.

Diese Aufgabe wird gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 dadurch gelöst, daß mindestens ein Ring vorgesehen ist, der die Teile in Ruhestellung durch rein radial gerichtete Kräfte klemmt sowie eine Anordnung zum Ändern des Ringdurchmessers, die mit dem Verstellantrieb für das Gewinde wirkungsmäßig so verbunden ist, daß die Verstellung nach Änderung des Ringdurchmessers bei entklemmtem Gewinde erfolgt.

Das im Normalfalle durch einen Ring geklemmte Gewinde wird also nur zur Verstellung entklemmt und nach dem Erreichen der gewünschten Endlage wieder geklemmt. Die Klemmung durch gleichmäßig über den Umfang verteilte, rein radiale Kräfte zentriert die drehenden Teile mit hoher Genauigkeit zueinander. Dezentrierende Bewegungen der entklemmten Gewindeteile während der dann leicht gängigen Verstellung stören im allgemeinen nicht und haben keinen Einfluß auf die Endlage der Gewindeteile, da die dort erfolgende Klemmung die Zentrierung der Teile wieder herstellt.

Mit einer mechanischen Klemmung der Gewindeteile, die an diskreten Punkten des Gewindeumfanges ansetzt, läßt sich eine solche zentrierende Wirkung nicht erreichen. Aufgrund der Reibung zwischen klemmendem und geklemmten Teil treten dann tangential Kräfte auf, die dezentrierend wirken.

Beim Erfindungsgegenstand spielt Verschleiß, der zu einer unerwünschten Vergrößerung des Gewindespiels führt, keine Rolle. Denn abgesehen davon, daß die Verstellung im entklemmten Zustand unter weitgehender Vermeidung von Reibung erfolgt und Verschleiß somit kaum auftritt, sind die Gewindeteile im geklemmten Zustand so stark miteinander verspannt, daß Lose infolge geringer Abnutzung ausgeschlossen sind.

Es ist vorteilhaft, den klemmenden Ring als Spannring um das Muttergewinde zu legen. Der Ring ist dann leicht zugänglich und kann ohne Schwierigkeiten mit der Anordnung zur Änderung seines Durchmessers verbunden werden. Durch eine Schlitzung des Muttergewindes wird die Übertragung der Klemmkraft des Ringes auf das hineingeschraubte Gewindeteil verbessert.

Anstatt den Ring um das Gewinde zu legen ist es auch möglich, ihn in eines der beiden Gewindeteile zu integrieren bzw. beide Gewindeteile mit Ringen zu versehen, von denen sich der äußere zum Zwecke der Entklemmung ausdehnt, während sich der innere gleichzeitig zusammenzieht. Dies wird z.B. durch je einen in das betreffende Gewindeteil eingelegten Ring aus Material mit positiver bzw. negativer Magnetostriktion erreicht, die sich unter dem Einfluß des gleichen von einer elektronischen Anordnung geschalteten Magnetfelds befinden. Unabhängig von dem zur Klemmung ausgenutzten physikalischen Effekt ist lediglich sicherzustellen, daß die auf das Gewinde einwirkenden Kräfte radial gerichtet sind und damit zentrierend wirken.

So können die zur Klemmung bzw. Entklemmung nötigen, gleichmäßig verteilten und radial gerichteten Kräfte besonders vorteilhaft thermisch erzeugt werden, indem der betreffende Ring aufgeheizt oder abgekühlt wird.

Die entklemmende Längenänderung eines um das Muttergewinde gelegten Spannrings wird bei Verwendung gängiger Materialien wie z.B. Aluminium bereits durch eine Temperaturerhöhung von wenigen  $^{\circ}\text{K}$  erreicht, die z.B. durch ein um den Spannrings gelegtes elektrisches Heizband ohne großen Aufwand erzeugt werden können.

Die bei der Verstellung nötige Heizleistung und die Zeitkonstante des Spannpzesses hängen wesentlich von der Wärmekapazität des Spannrings und dem Wärmeübergangswiderstand zwischen dem geheizten Ring und dem Muttergewinde ab. Durch das Einfügen einer zusätzlichen inkompressiblen Zischenschicht zwischen Spannrings und Muttergewinde, die den Wärmeübergang verschlechtert oder verbessert, läßt sich die Heizleistung verringern oder die Zeit verkürzen, die der Ring benötigt, um vom entspannten in den elastisch gespannten Zustand überzugehen.

Außerdem bestehen die beiden Teile des Verstellgewindes und der Spannrings zweckmäßig aus dem gleichen Material, bzw. aus Material mit gleichem thermischen Ausdehnungskoeffizienten, um die Unabhängigkeit der Klemmkraft von der Umgebungstemperatur zu gewährleisten.

Die Erfindung kann mit Vorteil bei der Fokuseinstellung von Luftbildkameras verwendet werden. Wegen der dort geforderten hohen Einstell- und Zentrier-  
genauigkeit der zur Fokussierung verstellbaren Linsenglieder war es bisher nicht möglich, Änderung der Fokussierung während des Bildfluges vorzunehmen. Vielmehr mußte vor jedem Flug die exakte Fokussierung der Kameras entsprechend der vorgesehenen Aufnahmeentfernung (Flughöhe) und den die Fokussierung und damit die Auflösung der Luftbilder nicht unwesentlich beeinflussenden Umweltbedingungen wie Luftdruck und Temperatur eingestellt werden. Der defokussierende Einfluß dieser Größen, deren exakte Werte in den entsprechenden Flughöhen meist nicht bekannt sind, wurde wenn überhaupt durch eine Temperierung der gesamten Kamera vermieden. Eine solche Fokusstabilisierung arbeitet nur sehr langsam und ist sehr aufwendig, da die gesamte Kamera mit ihrer hohen Wärmekapazität gleichmäßig temperiert werden muß.

Mit Hilfe der Erfindung, die eine zentriergenaue und dennoch leichtgängige Gewindeverstellung erlaubt, ist es nun möglich, Fokusverstellungen während des Fluges vorzunehmen und die defokussierenden Einflüsse von Luftdruck und Umgebungstemperatur durch Verstellen eines optischen Elementes zu kompensieren.

Dazu werden die Ausgangssignale von Sensoren für diese Größen, die an der Luftbildkamera angebracht sind, und das Ausgangssignal eines mit dem optischen Element gekoppelten Stellungsgebers miteinander verglichen. Aus dem Vergleich läßt sich ein Regelsignal gewinnen, mit dem das in die Kamera eingeschraubte optische Element entsprechend den aktuellen Druck- und Temperaturwerten stets so positioniert wird, daß sich die maximal erreichbare Auflösung der Luftbilder erzielen läßt.

Die Nachführung erfolgt vorteilhaft mit einem Elektromotor, aus dessen drehmomentabhängigem Strombedarf der Klemmzustand des Gewindes von einer Regelschaltung erkannt und anschließend z.B. durch Heizen des Spannrings beseitigt wird.

Zur manuellen Entklemmung kann ein piezoelektrischer Druckaufnehmer verwendet werden, dessen Ausgangssignal zum Einschalten der Heizleistung dient.



Die Erfindung wird nun anhand der Figuren 1-3 der beigelegten Zeichnungen näher erläutert:

- Fig. 1 skizziert den Aufbau eines thermisch klemmbaren Gewindes sowie einer automatisch arbeitenden Verstellvorrichtung;
- Fig. 2 zeigt einen Hebel zur manuellen Verstellung des in Fig. 1 skizzierten Gewindes;
- Fig. 3 skizziert den zeitlichen Verlauf des zur Gewindeverstellung nötigen Drehmoments und der zur Entklemmung des Gewindes nötigen Heizleistung für einen von der Verstellvorrichtung nach Fig. 1 durchgeführten Verstellzyklus.

Das in Fig. 1 skizzierte Verstellgewinde besteht aus einer Gewindehülse 1, die an ihrem Außenumfang eine Verzahnung 8 trägt, und aus einem geschlitzten Muttergewinde 2, um das ein Spannring 3 gelegt ist. Der Deutlichkeit halber sind die Teile 1 und 2 im auseinandergeschraubten Zustand dargestellt; im Normalfalle befinden sich die Hülse 1 und das Muttergewinde 2 im Schraubeinriff und sind durch den Spannring 3 fest miteinander verklemmt.

Auf dem Spannring 3 ist ein Heizleiter 4 isoliert aufgebracht. Der Leiter 4 wird durch eine nachstehend beschriebene Regeleinheit getaktet mit Strom versorgt, wodurch der Spannring 3 geheizt wird, sich ausdehnt und demzufolge die Reibung zwischen der Hülse 1 und dem Muttergewinde 2 soweit reduziert, daß die Hülse 1 durch einen Motor 5 über das in den Zahnkranz 8 eingreifende Getriebe 6,7 in Drehung versetzt werden kann.

Zwischen den aus Aluminium bestehenden Teilen 2 und 3 befindet sich eine Eloxalschicht 9, deren Dicke den Wärmeübergangswiderstand zwischen Spannring 3 und Muttergewinde 2 beeinflußt und bei vorgegebener Berührungsfläche zwischen den beiden Teilen zur Optimierung der thermischen Zeitkonstante des Rings verwendet werden kann.

3030549 *g*

- 8 -  
. 9.

Für die Durchführung definierter Verstellbewegungen ist der Motor 5 mit einem Stellungsgeber 16 ausgerüstet, dessen Ausgangssignale in einer Regelschaltung 15 mit den Signalen eines Sollwertgebers 14 verglichen werden.

Im Stromkreis des Motors 5 befindet sich ein Widerstand 11, dessen Spannungsabfall in einer zweiten Regelschaltung 10 mit der einstellbaren Sollspannung eines Gebers 12 verglichen wird. Ein aus dem Vergleich gewonnenes Signal dient zur Steuerung des Schalters 13 für die an den Heizleiter 4 anzulegende Spannung.

Im folgenden wird anhand von Fig. 3 die Wirkungsweise der in Fig. 1 dargestellten Verstellvorrichtung beschrieben:

Das Gewinde ist in Ruhestellung durch den Spannring 3 so stark geklemmt, daß es nur durch Ausüben eines sehr hohen Drehmomentes  $M_{\text{spann}}$ , das aufzubringen der Motor 5 nicht in der Lage ist, in Drehung versetzt werden kann. Soll die Hülse 1 gegenüber dem Muttergewinde 2 neu positioniert werden, so liefert der Komperator 15 durch Vergleich des die aktuelle Lage charakterisierenden Ausgangssignals des Drehgebers 16 mit dem die gewünschte Lage charakterisierenden Signal des Gebers 14 ein Regelsignal, mit dem der Motor 5 beaufschlagt wird. Zu diesem Zeitpunkt  $t_1$  beginnt der Motor 5 ein Drehmoment auf die Hülse 1 auszuüben, und am Widerstand 11 im Motorstromkreis entsteht ein dem Drehmoment proportionaler Spannungsabfall, der über dem am Schwellwertgeber 12 eingestellten Wert liegt. Dies wird vom Komperator 10 erkannt, der ein Ausgangssignal zur Betätigung des Schalters 13 erzeugt, über den der Heizleiter 4 mit Spannung versorgt wird.

Daraufhin erwärmt sich der Spannring 3 und dehnt sich aus, so daß das zur Gewindeverstellung nötige Drehmoment  $M_{\text{spann}}$  abnimmt. Sobald es zum Zeitpunkt  $t_2$  unter den maximalen Wert des vom Motor ausgeübten Drehmoments  $M_{\text{ist}}$  gefallen ist, beginnt sich die Hülse 1 zu drehen, und das Motordrehmoment fällt auf einen unterhalb der durch den Geber 12 eingestellten Schwelle  $M_{\text{soll}}$  liegenden Wert ab. Daraufhin schaltet der Komperator 10 die Heizung des Ringes 3 ab, der sich allerdings infolge der thermischen Zeitkonstante des Systems noch etwas weiter ausdehnt und dann wieder zusammenzieht, wodurch das zur Verstellung nötige Drehmoment wieder ansteigt. Die durch den Geber 12 eingestellte Schwelle

wird wieder erreicht woraufhin die Heizung eingeschaltet und der Ring wieder entspannt wird. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch wobei die Periodendauer durch die thermische Zeitkonstante des Systems vorgegeben ist, bis zum Zeitpunkt  $t_3$  das Ende des Verstellweges erreicht ist. Der Motor 5 schaltet sich daraufhin ab, der Spannungsabfall am Widerstand 11 wird zu Null und durch das Abkühlen des Ringes 3 erreicht  $M_{\text{spann}}$  innerhalb von Sekunden wieder den ursprünglichen Wert.

Das während der Verstellung vorhandene Gewindenspiel bzw. aufzubringende Drehmoment  $M_{\text{soll}}$  kann also am Geber 12 eingestellt und an die Leistungsdaten des Motors 5 angepaßt werden.

Selbstverständlich kann die Gewindeverstellung auch manuell erfolgen. Fig. 2 zeigt einen Hebel, der beispielsweise anstelle des Zahnrades 7 dazu verwendet werden kann, die Hülse 1 um kleine Korrekturbeträge zu verdrehen. Der um die Achse 20 drehbare Hebel 17 besitzt zwei Piezoelemente 18 und 19, deren Ausgangssignale beispielsweise dem in Fig. 1 gezeigten Komperator 10 zwecks Einschaltung der Heizung des Ringes 3 zugeführt werden.

3030549.11

- 10 -

- 11 -

#### Zusammenfassung:

Die beschriebene spielfreie Gewindeverstellung dient der exakten Positionierung zweier Teile relativ zueinander unter extrem hohen Anforderungen an die Zentrierung der drehenden Teile. Im Ruhestand sind die Teile des Gewindes ohne Spiel radial geklemmt. Zur Verstellung des Gewindes wird die Temperatur eines der beiden drehenden Teile geändert, so daß sich die Klemmung infolge thermischer Expansion bzw. Kompression verringert. Die Teile werden dann unter Überwindung von Restreibung gegeneinander verdreht und in ihrer Endstellung nach Einstellen des ursprünglichen Temperaturgleichgewichts wieder geklemmt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform besteht das Verstellgewinde aus einer Gewindehülse und einem geschlitzten Muttergewinde, um das ein heizbarer Spannring gelegt ist. Die thermische Entklemmung wird automatisch durch eine Regelschaltung gesteuert, deren Regelgröße das an der drehbaren Gewindehülse anliegende Drehmoment ist.

Bei elektromotorischer Verstellung der Gewindehülse dient der dem Drehmoment des Motors proportionale Spannungsabfall an einem im Motorstromkreis liegenden Widerstand als Regelgröße.

3030549  
F 16 B 5/02  
13. August 1980  
25. Februar 1982

3030549

-13-

Fig. 1

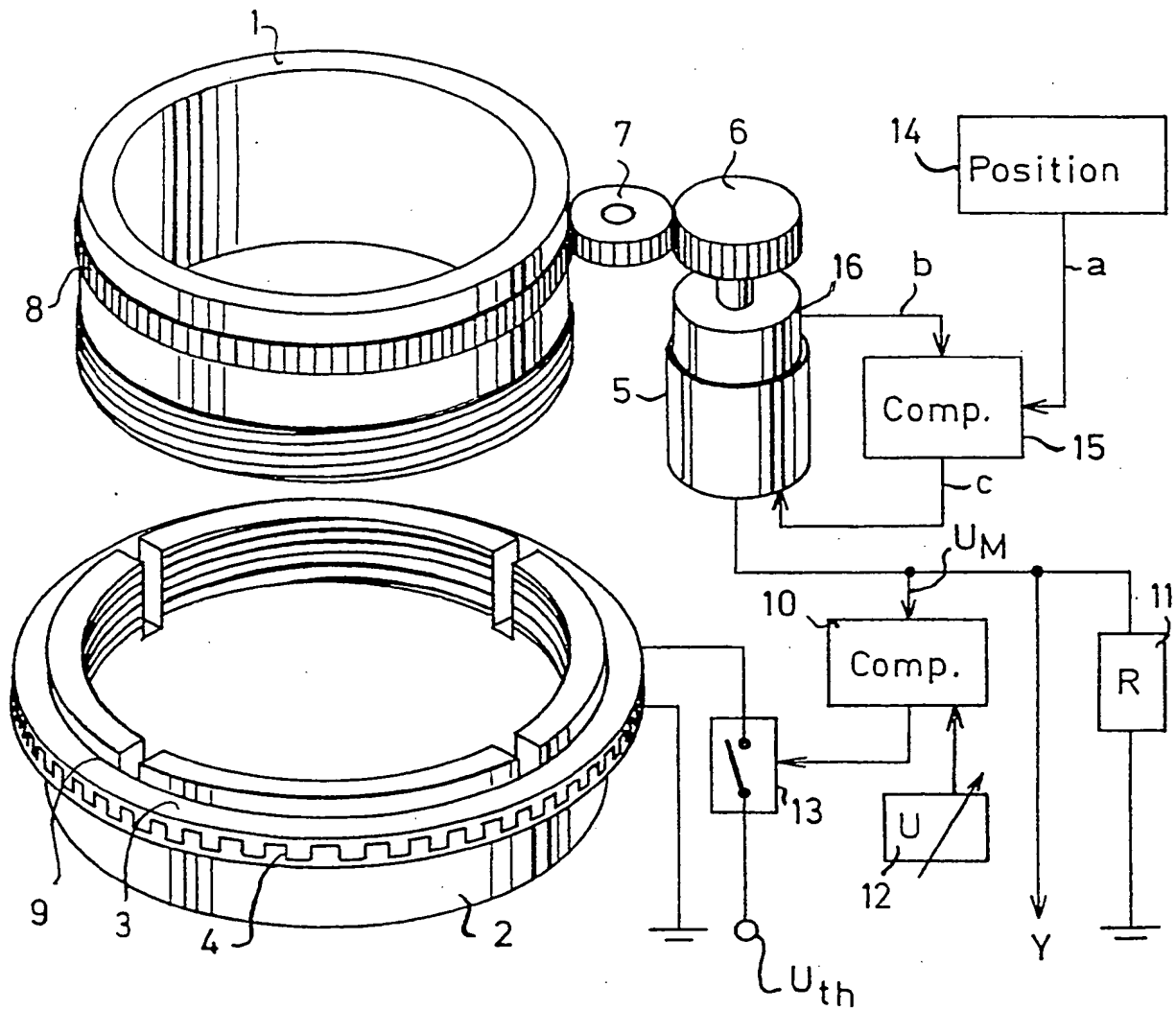


Fig.2

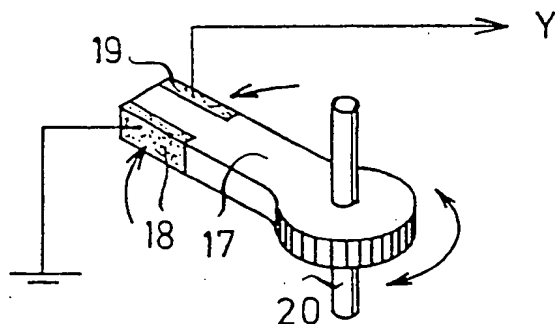
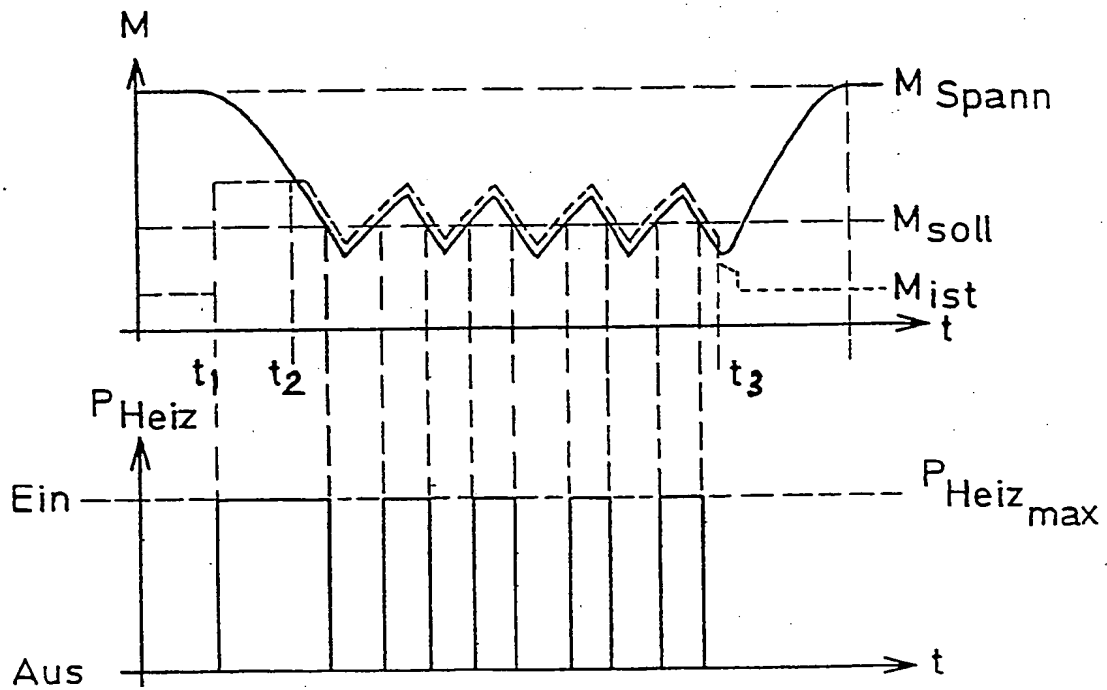


Fig.3



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**